

O que se pode aprender com o evento Masterclasses - CERN na perspectiva do ensino de física de partículas

(What can be learned from the Masterclasses - CERN event in the perspective of particle physics teaching)

Graciella Watanabe¹, Ivã Gurgel², Marcelo G. Munhoz³

¹Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

²Instituto de Física, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil

³Instituto de Física, Universidade de São Paulo, SP, Brasil

Recebido em 4/7/2013; Aceito em 6/10/2013; Publicado em 6/2/2014

Neste trabalho vamos discutir e apresentar dados de pesquisa sobre um evento de divulgação científica mundial desenvolvido pelos pesquisadores do laboratório CERN que tem como público alvo estudantes do ensino médio. Baseados nos pressupostos da alfabetização científico-tecnológica (ACT) e na procura pelo engajamento dos alunos em temas da física contemporânea discutiremos o papel das atividades do *Masterclasses - Hands on* na formação de jovens estudantes. Inicialmente iremos apontar as reformulações em relação às atividades do CERN que o evento ocorrido no Instituto de Física da USP propôs a fim de o aproximar do contexto educacional dos participantes. Em um segundo momento, buscaremos discutir elementos que emergem da fala dos estudantes em relação aos sentidos atribuídos à ciência quando os alunos participam de um evento de divulgação científica como apresentado aqui. Os resultados apontam que a interação e os debates com os cientistas proporcionaram reflexões que apresentam perspectivas da ACT e que indicam potencialidades para conduzir futuras atividades no evento.

Palavras-chave: divulgação científica, física de partículas, alfabetização científico-tecnológica, Masterclasses.

We present in this study the research data collected during an international event for science divulgation developed by researchers from the CERN laboratory for high school students. We discuss the role of the so called “Masterclasses - Hands on” activities on the training of young students based on the assumptions of scientific and technological literacy (STL) and the demand for student engagement in issues of contemporary physics. Initially, we point some reformulations for the event occurred at the Physics Institute of the University of São Paulo as compared to the activities proposed by CERN. These modifications were proposed in order to adapt the event to the educational context of the participants. In a second moment, we discuss elements that emerge from the students speech regarding the meanings attributed to science after their participation in an event to promote science like this one. The results show that the interactions and discussions with scientists have provided reflections that indicate perspectives for an STL approach for future activities during this event.

Keywords: scientific dissemination, particles physics, scientific literacy and technology and Masterclasses.

1. Introdução

O distanciamento entre a universidade e a escola é tema recorrente em diversos trabalhos que buscam promover o diálogo entre essas duas esferas sociais e que apontam para a necessidade de uma compreensão pública da ciência hoje produzida [1]. Em particular, no que se refere à relação entre cientista e público, alguns autores apontam para uma necessária mudança no comportamento daqueles que fazem ciência. Para John K. Gilbert [2] um elemento importante na comunicação científica é a participação de cientistas nesse processo dialógico, propondo que não seja atribuído somente ao

professor e ao livro texto a responsabilidade de apresentar a ciência ao aluno. Márcia Reami Pechula [3] também reforça a preocupação com a visão estereotipada da ciência apresentada na mídia impressa. A autora aponta que há um distanciamento grande entre aquilo que é mostrado em jornais e revistas e o que realmente é produzido na academia. Não se trata apenas de incorreções conceituais, mas também da própria natureza e objetivos do trabalho científico, que podem ser desfigurados durante a divulgação.

Tal problemática pode ser compreendida sobre vários ângulos, mas, de modo geral, um fator determinante são as dificuldades encontradas por cientistas

¹E-mail: graciella.watanabe@usp.br.

e profissionais de comunicação na constituição de parcerias para a elaboração de textos ou informações de divulgação científica. Ao passo que o comunicador se responsabiliza pela “tradução” ou “interpretação” da linguagem científica, o cientista não participa mais desse processo, deixando, na maioria das vezes, o procedimento mais importante do divulgar para aquele que não é especialista no assunto, promovendo confusões e visões sobre a ciência distante da realidade [4]. Nesse contexto, corre-se o risco de apresentar à sociedade uma visão estereotipada da ciência, que distorce a construção do conhecimento científico. Na divulgação se oculta todo o processo de elaboração da ciência, fazendo com que não se compreenda seu limite de validade e não se tenha clareza das razões que justificam as afirmações científicas. Quando se aborda aspectos mais amplos da ciência, incluindo as dinâmicas de seu fazer, eles aparecem em situações que estigmatizam a sociedade científica, como o caso estudado pelas autoras Iara M.A. Souza e Amanda M.L. Caitité [5], onde o fazer científico entra em pauta na mídia para explicar casos de fraudes científicas, como a ocorrida no caso Woo Suk Hwang e a clonagem de embriões humanos. Nesse trabalho, que analisa um conjunto de reportagens realizadas ao longo do tempo, são apontados dois momentos principais da divulgação científica. Antes da fraude ocorre a exaltação e espetacularização da descoberta científica. Após o anúncio da falsidade da descoberta há um interesse pelo fazer científico e a curiosidade pela construção dos fatos científicos.

No entanto, o interesse pela construção da ciência se esvanece com o esquecimento do tema e, novamente, a ciência retorna para o lugar de verdade absoluta ou do conhecimento desprovido de qualquer processo de construção. Nesse sentido, podemos pensar em três pontos que merecem destaque quando refletimos no papel dos cientistas na participação da comunicação e da educação científica da sociedade, em especial, para os estudantes da escola básica. A participação do cientista nos processos de divulgação:

1. Pode apresentar uma ciência mais próxima da realidade acadêmica, voltada para as discussões sobre a construção do conhecimento científico;
2. Possibilitaria aos estudantes a aproximação com o ambiente científico, permitindo novas aprendizagens sobre a ciência contemporânea;
3. Desmistifica a ciência como verdade absoluta, apontando sua relação com a tecnologia e a sociedade.

Assim, acreditamos que iniciativas de divulgação científica feitas por cientistas podem ter um papel fundamental na constituição de uma cultura científica na sociedade.

²Site do evento: <http://physicsmasterclasses.org/>.

Neste trabalho, apresentamos um evento desenvolvido por cientistas e pesquisadores em ensino que procura aproximar o público da física de partículas realizada nos grandes aceleradores. Principalmente, procuraremos apontar o papel educacional desse evento para os alunos e sua função para a construção de uma visão menos ingênua e caricata da ciência. Para isso, desenvolveu-se uma pesquisa que buscou identificar quais dimensões de um processo de Alfabetização Científica e Tecnológica foram contempladas no evento. Nossa preocupação foi a de verificar as compreensões que os alunos demonstram sobre o fazer científico e sobre suas relações com a sociedade com o intuito de compreender como a percepção desses aspectos podem promover espaços de debates que abarquem o conhecimento científico e suas diversas interfaces.

2. Pressupostos teóricos

A implementação das atividades propostas no *International Masterclasses - Hands on*² foram contextualizadas para a situação brasileira utilizando como pressupostos educacionais as indicações dadas por autores que trabalham em perspectivas vinculadas ao desenvolvimento de uma Alfabetização Científica e Tecnológica (ACT). Tal perspectiva proporcionou a adaptação de determinados elementos da divulgação científica para o contexto nacional.

Como defende Gérard Fourez [6], os pressupostos da ACT alinham-se à ideia de divulgar os processos de produção do conhecimento científico-tecnológico com uma formação educacional pautada na reflexão da inserção social desses saberes no mundo do estudante. Para esse autor, a aprendizagem de teorias e modelos científicos é fundamental para a formação do cidadão. Contudo, o conhecimento científico perde seu significado quando apresentado sem referência ao seu processo de produção e sem a discussão de seus possíveis campos de aplicação. Este último ponto leva o autor a reconhecer a importância da interdisciplinaridade, no sentido de levar aos alunos a compreender que o conhecimento produzido em um campo do saber pode ganhar grande relevância em outras áreas. Por exemplo, conhecimentos produzidos no campo da Física podem ser aplicados ou fazer interfaces com a Biologia, Computação e mesmo com áreas das Ciências Humanas.

Para Décio Auler e Demétrio Delizoicov [7], um olhar que somente valoriza os conceitos e teorias científicas reflete, igualmente, em uma perspectiva reducionista da própria ACT.

Na perspectiva reducionista, reduz-se a ACT ao ensino de conceitos, (...) aspecto que contribui para uma “leitura da realidade” que se poderia argumentar como sendo bastante ingênua. Reduzir ACT ao

ensino de conceitos, bem como trabalhar na perspectiva de entender artefatos tecnológicos e científicos numa dimensão apenas técnica, internalista, pode contribuir para manter ocultos mitos ligados à CT. [7]

O reducionismo na ACT acarreta uma postura acrítica da ciência e ao mesmo tempo conduz a uma formação científica pautada na dimensão conceitual da ciência de forma artificial, onde o conhecimento é destituído de valor social.

Em detrimento a essa postura pragmática da ciência, a visão ampliada da ACT permite compreender a ciência de forma a articular o saber da ciência com sua dimensão tecnológica e social. Esse aspecto se refere a uma postura na formação científica que seja capaz de superar os mitos e que possibilite uma reflexão capaz de ultrapassar as esferas da escola e que seja possível promover a atuação desses sujeitos no mundo. Para os autores, a ACT ampliada vincula-se ao:

(...) ensino de conceitos associado ao desvelamento de mitos vinculados à CT. Por sua vez, tal aspecto remete à discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico. [7]

Assim, a compreensão sobre como é elaborado o conhecimento científico e como o mesmo é apropriado por outros setores da sociedade é um elemento central para que a aprendizagem de conceitos não se dê em uma perspectiva ingênua, na qual se apreende uma definição por ela mesma, mas possa ser revestida de uma postura crítica.

A superação de uma ACT reducionista para a ampliada aponta para uma educação que se apoie nas relações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade (CTS). Para Roseline Strieder [8], os diferentes enfoques na educação CTS estão relacionados aos pressupostos educacionais que os definem e, portanto, são eles os pontos que norteiam as escolhas dos temas e propostas e que pode possibilitar uma ACT ampliada.

Nesse contexto, a divulgação da ciência pode ser um veículo importante de superação dos mitos apontados por Auler e Delizoicov [7] se forem pensados como meios de interlocução com a sociedade e através de um diálogo que promova reflexões de ambos os lados (cientistas e sociedade). O fazer científico e as questões éticas inerentes ao trabalho do cientista devem ser postos em discussão, assim como os investimentos que são apoiados pelas esferas públicas. Ou seja, o papel do cientista deve ir além da apresentação do conhecimento científico e das pesquisas desenvolvidas, mas de promover o debate aberto sobre o papel de suas pesquisas na sociedade.

Nas próximas seções buscaremos apresentar o evento *Masterclasses - Hands on* organizado pelo CERN (*l'Organisation Européen pour la Recherche Nucléaire*³) e ocorrido no Instituto de Física da Universidade de São Paulo (IFUSP) nos anos de 2012 e 2013. Apontaremos as discussões e resultados obtidos com a elaboração de atividades de divulgação da física de partículas sob a perspectiva de uma ACT.

3. O evento *Masterclasses - Hands on*

Desde os anos 90 um número crescente de trabalhos vem se dedicando ao Ensino de Física Moderna e Contemporânea (FMC). Contudo, é rara a presença da Física que é efetivamente realizada na atualidade. Uma das razões para isso é a dificuldade em se apresentar uma ciência *enquanto ela é feita*, pois a mesma ainda carece de sistematização. A principal questão que emerge no ensino e na divulgação da física de partículas é *como apresentar uma ciência cujo experimento envolve diversos cientistas e gera cerca de 10^{15} bytes de dados por dia?* [9]. A dicotomia entre apresentar ou promover um debate sobre a ciência esbarra na própria constituição do fazer científico de laboratórios como o LHC (*Larger Hadron Collider*), cuja dimensão de dados produzidos e as diferentes formas de análise desses dados já se constituem como obstáculos para a divulgação [10].

Somado a isso se tem um evento mundial cujo público alvo é estudantes do ensino médio, formados em diferentes sistemas educacionais e com diferentes enfoques no âmbito da abordagem disciplinar e curricular de física. Estudos recentes pautados na participação de estudantes da Europa nesse evento também apontam que a diferença de gênero não é fator determinante para o engajamento dos alunos nas atividades do evento e que apesar de estar fixado em um intervalo curto de tempo, promove um maior interesse dos estudantes pelos temas atuais da física [11]. Nessa perspectiva o evento *Masterclasses - Hands on* se apoia em uma estrutura conceitual e experimental da ciência produzida no LHC e que propomos, no caso do IFUSP, como condução dessas atividades, uma postura de abertura do diálogo que promova outros debates que mostrem-se potenciais para o âmbito da ACT. Tal aspecto permite desenvolver atividades que estejam vinculadas à realidade nacional e ao mesmo tempo possam dar diferentes enfoques educacionais relacionados ao viés da instituição participante.

Em relação ao evento de ordem mundial a estrutura fundamental é caracterizada, no caso do *Masterclasses - Hands on* ocorrido no IFUSP, na compreensão das pesquisas desenvolvidas no detector ALICE,⁴ um dos 4 experimentos do LHC, e a análise de dados reais das colisões próton-próton e chumbo-chumbo do mesmo experimento. Assim, as atividades desenvolvidas devem ter como norteadores a compreensão desses dois elementos

³Site da organização: <http://home.web.cern.ch/>.

⁴Site do experimento: <http://aliceinfo.cern.ch/>.

na construção do evento como um todo.

Deste modo, em março de 2012 e 2013 ocorreu no IFUSP o primeiro e segundo evento *Masterclasses - Hands on* organizado por dois grupos de pesquisas do instituto: o Griper⁵ com apoio do Grafie.⁶

Em ambos os casos foram desenvolvidas as atividades em dois dias, sendo o primeiro dia com uma duração de 8 horas e o segundo dia com uma duração de 5 horas. O evento segue o cronograma escolar europeu e, portanto, ele ocorre no mês de março que corresponde ao final do ano letivo no hemisfério norte e é feito em um dia. No Brasil, foi feita a adaptação do evento para que fosse possível aos alunos analisarem os dados em tempo hábil antes da videoconferência, que ocorre no final do dia na Europa que corresponde a uma diferença de 5 horas no Brasil.

A escolha das escolas participantes se deu em 2013 através da publicação de edital e divulgado na secretaria de educação do Estado de São Paulo e pela internet. Os docentes interessados se inscreveram em um curso em janeiro⁷ no Instituto de Física e depois foram selecionados conforme as potencialidades de replicação da atividade do evento nas escolas.

As atividades se dividiram em três momentos: contextualização histórica do desenvolvimento da física de partículas, uma introdução ao estudo experimental da física nuclear e de partículas, uma descrição dos aceleradores de partículas e do experimento ALICE. Foram abordados nesses momentos:

1. A evolução da ideia de átomo da antiguidade ao desenvolvimento na física quântica.
2. O papel tecnológico e o desenvolvimento da ciência nos grandes aceleradores de partículas e a visita ao acelerador Pelletron no IFUSP.
3. Discussões sobre as pesquisas desenvolvidas no experimento ALICE e o debate sobre os resultados obtidos pós-análise dos dados.

No primeiro dia, no tópico 1 das atividades, o docente fez uma palestra sobre a evolução das ideias do átomo em uma abordagem histórica, apontando as diferentes concepções sobre a constituição da matéria. Essa fase inicial do evento tem o intuito de introduzir para os estudantes algumas visões filosóficas sobre a física e abordar o tema da física de partículas sobre a ótica histórica. Nesse momento, com o intuito de contextualizar a natureza da ciência, procurou-se debater com os alunos alguns aspectos do desenvolvimento das ideias científicas, apontando erros e a construção de modelos que fossem capazes de explicar determinados fenômenos científicos. O principal elemento norteador das ideias provindas da ACT foi a procura por destituir a visão

ahistórica da ciência e indicar que a mesma é fruto de seu contexto temporal.

Em um segundo momento, outro docente complementa a discussão sobre aspectos experimentais dos estudos da matéria. Assim, são apresentados os desenvolvimentos científicos e tecnológicos nos experimentos de física de partículas iniciados com a construção do aparato de Rutherford até o LHC. Essa parte da atividade tem como objetivo discutir com os estudantes como os estudos experimentais de física de partículas são realizados, procurando mostrar ideias e conceitos por trás desses estudos que são de fácil compreensão e parte da tecnologia envolvida. Durante esta discussão, procura-se mostrar como o desenvolvimento da ciência proporcionou mudanças também na dinâmica social como, por exemplo, a criação do protocolo *http*, que hoje é a base da internet. Esse tipo de discussão remonta ao debate sobre a relação entre a construção científica, sua dependência tecnológica atual e a sua inserção na sociedade. Em especial, procura-se indicar aspectos de negociação entre sociedade e ciência no âmbito das discussões sobre os impactos causados pela implementação do LHC nas cidades que o abrigam, por exemplo. Após a apresentação, os estudantes conheceram o acelerador de partículas Pelletron do IFUSP onde são apresentados os equipamentos e explicados alguns processos físicos associados à aceleração de íons. Nesse momento, os alunos entram em contato com um laboratório ativo e podem compreender de maneira mais realista a dimensão do trabalho nesse espaço de produção científica.

Essa atividade conduz a algumas discussões acerca do funcionamento do acelerador abordando os processos que conduzem ao aumento das velocidades das partículas, em especial, é apresentado o campo elétrico responsável pela aceleração das partículas carregadas no tanque acelerador e o campo magnético responsável pela deflexão do feixe nos defletores ME-20 e ME-200. A visita ao laboratório é significativa, pois prepara os estudantes para o debate que se segue nas atividades seguintes, abordando de forma mais técnica os processos de aceleração de partículas. No entanto, é importante salientar que são feitas diversas ressalvas que buscam apresentar as diferenças entre os experimentos de baixas energias (como os ocorridos no Pelletron) e altas energias (ocorridos no LHC). Outro fator importante discutido com os estudantes é a interação de campos ocorrida no choque entre as partículas, é discutido com os alunos que as colisões são resultado de uma interação entre campos e não através de um choque mecânico. Desse debate são conduzidas algumas questões relacionadas ao desenvolvimento de detectores e a importância desses mecanismos tecnológicos para o reconhecimento de diversas partículas.

No terceiro tópico, os estudantes são apresentados

⁵Grupo de Íons Pesados Relativísticos, Departamento de Física Nuclear - IFUSP

⁶Grupo de Atualização da Física Escolar

⁷O curso faz parte do projeto USP-Escola que ocorre no Instituto de Física e que se destina à formação continuada de professores.

aos estudos do experimento ALICE e aos conhecimentos científicos associados à física de partículas. Inicialmente se discute com os estudantes sobre as partículas elementares, apontado, em especial, as partículas mediadoras de força. Nesse momento é apresentado as partículas denominadas estranhas (K_0^0 e Λ) e o processo de decaimento dessas partículas. Desta maneira, os estudantes iniciam a atividade no software que consiste em procurar os decaimentos referentes a essas partículas estranhas. Para isso, os estudantes acessam os dados reais de uma colisão próton-próton (Fig. 1) e combinam pares de trajetórias de cargas opostas a fim de encontrar aquelas que são os produtos (partículas filhas) do decaimento da partícula estranha (partícula mãe). Essa identificação é feita através do cálculo da massa invariante obtida das partículas filhas, que deve corresponder à massa da partícula mãe nos casos em que essas partículas de fato correspondem a decaimentos das partículas procuradas (picos na Fig. 2). Obviamente, deve ocorrer durante esse processo a combinação aleatória de partículas de cargas opostas, ou seja, que não correspondem ao decaimento de uma

partícula estranha, gerando um fundo combinatório, que pode apresentar qualquer valor de massa invariante. Cada dupla de alunos analisa um conjunto de colisões e, no final, os dados de todas as duplas são compilados em um único gráfico.

Os gráficos são apresentados aos estudantes que discutem com o cientista sobre o chamado fundo (combinações aleatórias de trajetórias) e outros aspectos como a centralidade da colisão nos casos de interação chumbo-chumbo. Também é abordado com os estudantes algumas diferenças entre a atividade do evento e a análise feita pelos cientistas no laboratório. Tal debate procura discutir as limitações do programa em relação ao trabalho real dos cientistas, mas que proporciona uma visão bastante aproximada do que é feito, no entanto, em escala de dados menor.

Finalmente o grupo prepara a apresentação e a discute em videoconferência com estudantes de outros países e os cientistas no LHC. Após a análise dos gráficos apresentados, os cientistas abrem espaço para responderem às questões dos estudantes.

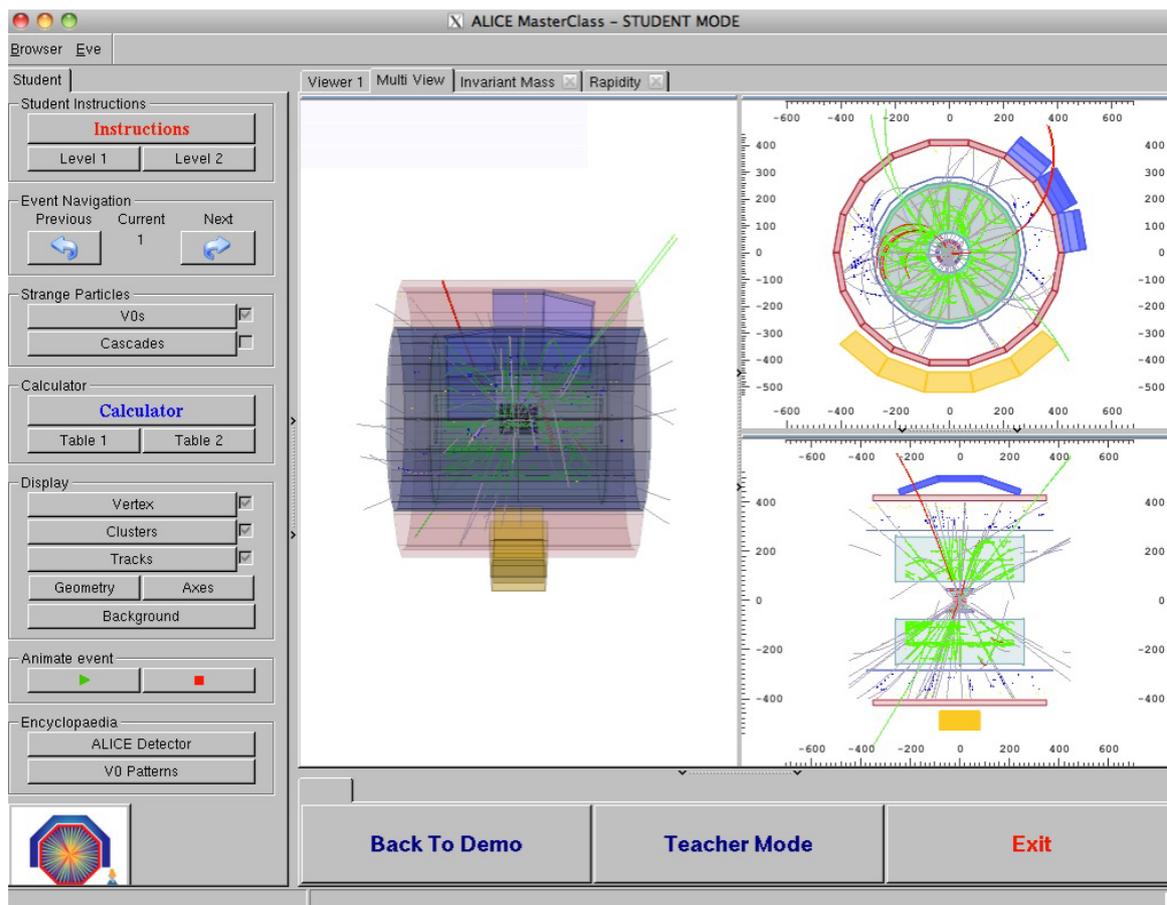


Figura 1 - Tela de uma colisão próton-próton do experimento Alice.

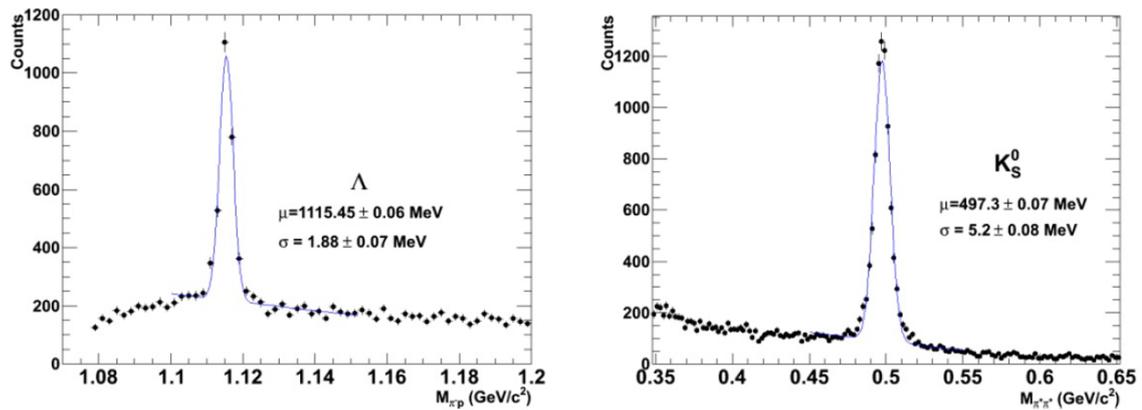


Figura 2 - Gráfico com dados compilados de um grupo para partículas Lambda e Kaon neutro.

4. Metodologia de Pesquisa

Para a compreensão do papel formativo da atividade *Masterclasses - Hands on* com estudantes brasileiros foram coletados dados de cunho qualitativo. Procurou-se com esses dados indícios sobre elementos que podem ter possibilitado uma compreensão acerca da ciência que trouxessem elementos de uma ACT ampliada [7]. Nesse sentido, foram feitas diversas intervenções cujo objetivo era a triangulação dos dados, apontando a complexidade desse objetivo, como cita Denzil e Lincoln *apud* Silvermann [12].

(...) a triangulação não é uma maneira de se obter uma leitura 'verdadeira', mas é mais bem entendida como uma estratégia que adiciona rigor, amplitude, complexidade, riqueza e profundidade a qualquer investigação. [12]

Essa perspectiva procura ampliar elementos de conhecimento sobre a pesquisa e, portanto, reflete uma postura de análise que apontem para as diferentes maneiras de se olhar para o mesmo objeto. Assim, foram utilizados como ferramenta de pesquisa a produção de dados visuais para a análise de vídeo [13], questionários [14] e produção textual dos estudantes [12].

O grupo de pesquisados, considerando-se os dois anos de realização do evento, constitui-se de estudantes do Ensino Médio ($n=61$) e professores da escola básica e/ou do ensino superior ($n=15$). Deste grupo, participaram escolas públicas ($n=11$) e escolas particulares ($n=5$) do Estado de São Paulo, sendo duas escolas do interior do estado e as outras da região metropolitana paulista. Dentre os estudantes, participaram alunos escolhidos sob critérios estipulados pela escola participante, tendo uma diversidade de alunos, desde estudantes do 1^o, 2^o e 3^o ano do ensino médio como estudantes de cursos técnicos.

Os dados dos vídeos analisados foram produzidos durante as palestras e atividades dos estudantes e na

discussão final, onde os participantes foram convidados a expressarem sua opinião sobre o evento e quais foram os aspectos positivos e negativos de sua participação no *Masterclasses*, deixando a cargo dos pesquisados apontarem aquilo que para eles foram mais significativos.

Assim, a análise desses dados se deu em dois momentos, inicialmente capturando discussões (episódios) que propiciaram a interação entre estudantes e cientista trazendo alguma reflexão que oferecesse indícios de interesses e articulação de saberes sobre a e da ciência e em um segundo momento, apontar alguns elementos de reflexão dos alunos sobre o papel do evento em sua formação científica, educacional e cidadã.

Os questionários foram aplicados no fim do evento com o intuito de compreender quais foram os elementos mais significativos apontados pelos estudantes durante a participação nesses dois dias. O questionário propunha uma visão mais pessoal dos alunos em relação a sua participação e como algumas das expectativas foram ou não contempladas no evento.

Finalmente, foram analisadas as questões que os estudantes fizeram para que fossem escolhidas algumas a serem discutidas com os cientistas do CERN. A análise dessa produção textual tinha o intuito de caracterizar alguns elementos que não ficaram claros ou explícitos pelo contexto do evento, assim como puderam trazer algumas reflexões sobre os interesses que os estudantes construíram ao longo do *Masterclasses*.

5. Análise dos dados

A apresentação dos dados irá se dividir a partir das ferramentas qualitativas utilizadas e iremos apontar trechos das falas dos estudantes procurando articular esses dados com a dimensão teórica deste trabalho. Procuraremos ao final da apresentação dos dados trazer uma reflexão sobre o papel do evento na formação científica, suas potencialidades e limitações acerca da promoção de uma ACT ampliada no evento *Masterclasses - Hands on* do IFUSP.

Análise dos dados se pautará na Análise de Conteúdo, cuja característica mais significativa é ser um *meio para estudar as* “comunicações” entre os homens, colocando ênfase no conteúdo “das mensagens” [15]. Baseados nessa metodologia qualitativa foram referenciados os índices para a escolha dos episódios ou manifestações cujo tema se apresenta como significativo para o que se pretende compreender na pesquisa. No caso desse trabalho são apontados elementos que indicaram discursos associados a uma ACT ampliada.

Assim, foi usado como processo de codificação dos dados a unidade de registro temática que:

(...) consiste em descobrir os “núcleos de sentidos” que compõem a comunicação e cuja presença, ou frequência de aparição podem significar alguma coisa para o objetivo analítico escolhido. [16]

Os primeiros três episódios a serem analisados se referem ao segundo momento da apresentação, quando é discutido o funcionamento de um acelerador de partículas, neste caso o acelerador de partículas Pelletron do IFUSP.

<i>Episódio 1. Take 1</i>	12 : 26	<i>Aluno 1: Qual a velocidade do acelerador? Cientista: O acelerador Pelletron chega a 10% da velocidade da luz. [...] No LHC, por exemplo, ele chega a 99,999999% da velocidade da luz. Muito mais rápido do que o que temos aqui, é outra física.</i>
<i>Episódio 2. Take 1</i>	13 : 41	<i>Aluno 2: Qual a temperatura que o Pelletron chega? Cientista: [...] Não chega a esquentar nada não. O que na verdade poderia acontecer seria se a intensidade do feixe fosse muito alta poderia derreter mas a intensidade não é muito alta.</i>
<i>Episódio 3. Take 1</i>	15 : 26	<i>Aluno 3: Qual a quantidade de íons que sai da fonte? Cientista: A quantidade ou quantos íons saem por unidade de tempo depende de um conjunto de fatores, depende de quanto você põe de corrente nesse filamento de cézio [...] Na verdade o principal fator é mais geométrico se dependendo da posição de sua amostra está bem ajustado para a maioria dos íons que saem direcionados na sua canalização. Você não tem muito controle, como é uma coisa meio caótica, ou seja, o cézio bate ali e arranca íons que vão para tudo quanto é lado.</i>

Os episódios acima apontam para questões tecnológicas envolvidas no funcionamento do acelerador, assim como a dimensão conceitual do processo de acelerar partículas (íons no caso do Pelletron). Nesse primeiro momento das atividades a tecnologia aparece como fator principal de interesse dos estudantes, sem ainda fazer referência ao fazer científico de maneira mais ampla ou às questões sociais objetivadas pela ACT [7].

A análise da segunda fase de episódios refere-se à

apresentação do LHC e o experimento ALICE. Nesse debate o cientista apresenta algumas reportagens de divulgação científica que aparecem na mídia, em especial, as manchetes que mistificam o funcionamento do acelerador, como a criação dos buracos negros ou a sua utilização em filmes como a criação de antimatéria. A partir dessa problematização, são abordadas as pesquisas e as limitações dessas afirmações que aparecem na divulgação científica ou em jornais especializados.

<i>Episódio 4. Take 2</i>	1 : 36	<i>Aluno 4: Quanto de energia gasta o LHC? Cientista: Energia elétrica? Aluno 4: É. Cientista: Eu não sei te dizer em número mas é alta. É o equivalente a uma cidade de 500 mil habitantes. É bastante energia, inclusive eles tem que fazer... normalmente a ideia original do LHC é sempre parar no inverno justamente para que não competisse com o aquecimento das casas.</i>
---------------------------	--------	--

Nesse episódio apresentado os estudantes iniciam algumas questões que dão indícios de uma mudança do viés estritamente técnico da ciência e iniciam questões que relacionam o laboratório com a sociedade. Ao perceber que as condições técnicas para a promoção da colisão dos feixes são extremamente sofisticadas, os alunos questionam o quanto o suprimento do laboratório afeta o fornecimento de energia de seu entorno [7]. Assim, o caso apresentado pode ser entendido como a relação

estabelecida entre o laboratório e sua atuação na sociedade a transformando e vice-versa.

A parte final dessa fase de análise refere-se à discussão sobre as concepções dos estudantes acerca do evento como um todo. Assim, foi deixado a cargo dos alunos que falassem sobre aquilo que foi mais significativo de todo o evento. Esse debate foi mediado pelos autores.

Episódio 5. Take 3	13 : 16	<p><i>Pesquisador 1: Gostaríamos que vocês falassem um pouco sobre o evento. O que foi positivo ou o que foi negativo, para a gente melhorar também no ano que vem. Então gostaríamos de saber um pouco sobre a opinião de vocês.</i></p> <p><i>Aluno 6: [...] eu vi que pude aprender um pouco mais de física e que o que a gente aprende na escola é muito mais superficial. Isso me ajudou a aprofundar uma parte da física que me deixou mais interessado para entender outras partes por que como tudo está muito mais interrelacionado eu comecei a gostar mais de física, astrofísica.</i></p>
Episódio 6. Take 3	14 : 43	<p><i>Aluna 7: Eu achei interessante pois a gente pode aprender a física de uma forma dinâmica. Não só aquilo que a gente aprende na sala mas de uma forma melhor de compreender algumas coisas mais dinamicamente</i></p>

No que se refere à discussão final os episódios acima apresentam duas falas dos estudantes cujo enfoque foi dado ao aprendizado dos conhecimentos científicos. Em especial, os estudantes apontam para a dimensão interdisciplinar do saber e sua relação com outras disciplinas. Para Gerárd Fourez [6] a importância de reconhecer as relações entre conhecimentos disciplinares ajudam os sujeitos a compreenderem que os problemas não podem ser apenas solucionados por uma única disciplina. Nesse sentido, mesmo que nessa fala não se possa afirmar uma formação crítica, podemos perceber uma postura menos disciplinar do conhecimento e, portanto, como um indicativo de possíveis mudanças do aluno em relação ao saber científico. Na fala seguinte podemos associar a ideia de uma física mais dinâmica apontada pela aluna como um *desocultamento* da atividade científica, promovendo o que Fourez [6] defende como um dos objetivos da ACT, ou seja, a independência dos alunos em relação ao sentido de aprender ciências, criando suas próprias opiniões e atribuindo sentidos a partir de sua relação com esse saber.

A segunda etapa da análise dos dados refere-se ao questionário aplicado com os estudantes que tinha o intuito de compreender o papel do evento na formação dos pesquisados. Ele foi aplicado ao término do evento e os alunos responderam a três questões das quais serão analisadas as duas finais que fazem eco ao debate neste trabalho. As respostas a essas duas perguntas foram analisadas de forma conjunta pois se mostraram complementares ao longo da análise. Abaixo são apresentadas as questões analisadas:

O que mais chamou sua atenção no evento Masterclasses?

De maneira geral, quais foram os aspectos mais positivos para sua formação ao participar do evento Masterclasses?

Para a análise das respostas dos estudantes foi utilizada, segundo a metodologia de análise de conteúdo, o inventário que possui como finalidade isolar elementos e a classificação que reparte tais elementos e procura impor uma organização às mensagens. As categorias provindas das unidades de registro temático se encaixam no que Laurence Bardin [16] define como procedimento por acervo:

o sistema de categorização não é fornecido, antes resulta da classificação analógica e

progressiva dos elementos. Este é o procedimento por “acervos”. O título conceitual de cada categoria somente é definido no final da operação [16].

Assim, o processo de elaboração dessas categorias teve como princípios a sua construção de maneira que dois ou mais aspectos não pudessem ser classificados em duas ou mais categorias (*exclusão mútua*), os resultados devem ser apresentados nesse momento sob um mesmo nível da análise (*homogeneidade*), as categorias foram construídas de forma a pertencerem ao quadro teórico (*pertinência*) e procurou-se evitar inserir categorias de juízo subjetivo sendo portanto codificadas de forma igualitária (*objetividade e fidelidade*) [16].

A primeira categoria refere-se ao que Fourez [6] defende como *formação epistemológica* que perpassa a ACT. Segundo o autor, compreender os contextos em que um conhecimento científico se constitui e se valida é um fator relevante na construção de uma postura menos ingênua sobre a ciência. Tal situação aparece quando os estudantes apontam que um dos elementos que chamou atenção foi entender como a física de partículas é feita na atualidade, como nos seguintes extratos retirados de falas de diferentes alunos: “aprender como hoje em dia se produz o conhecimento”; “perceber que a física, que parece tão certa e absoluta na escola, está em estágio de evolução”; “[saber] como funcionam as pesquisas”; “aumentar minha noção sobre o trabalho científico” e “como o mundo científico está em constante mudança”

Na segunda categoria aparece aquilo que Fourez [17] defende como *conhecer o modo de pensamento tecnológico* e que no caso apresentado não reflete a perspectiva de saber como pensa um técnico mas como a tecnologia está empregada em um grande laboratório. As respostas se voltam para diferentes aspectos tecnológicos que vão desde a inserção da tecnologia no experimento como suas dimensões, como aparece nas unidades de significado a seguir: “conhecer a tecnologia (design e funcionamento)”, “dimensão dos equipamentos aplicados no processo e a quantidade de informação”, “entrar no Pelletron e a porta de 3m para proteger os físicos dos raios gama”, “a velocidade que as partículas chegam nestes equipamentos e a energia”, “descobrir a dimensão do trabalho feito lá [CERN].

A última categoria apresentada refere-se à dimensão social do evento. Tal categoria aporta para questões de cunho interacional e pouco no âmbito da relação en-

tre ciência e seu papel na sociedade que se configura como fator importante para a ACT [7]. Os estudantes apontam em suas falas que o contato com os próprios cientistas que trabalham com física de partículas foi um aspecto relevante na sua formação, como demonstram as falas: “conhecer pessoas do meio”, “disponibilidade do CERN e dos professores em difundir o conhecimento”, “oportunidade de conversar com professores-pesquisadores e esclarecer dúvidas”, “poder se comunicar com os cientistas que organizaram”

A etapa final da análise refere-se às questões produzidas pelos estudantes para serem apresentadas na videoconferência com os pesquisadores do CERN. Nesta parte da atividade, os estudantes, em duplas, elaboram perguntas que gostariam que fossem feitas aos cientistas. Essas questões são apresentadas ao grupo que escolhe as quatro mais interessantes para serem discutidas com os pesquisadores. Tais perguntas se mostraram importantes na compreensão daquilo que pode ser indicado como elementos relevantes que os estudantes atribuem aos cientistas e à ciência. Para a análise foi usado a Análise de Conteúdo [16] onde apresentaremos as questões referentes a cada categoria.⁸

A primeira categoria remete a questões de cunho social do ser cientista. Nessas perguntas aparecem interesses sobre “o quê” ou o “como é” trabalhar em um laboratório como nos exemplos: “Quanto tempo você trabalha no dia? Quanto tempo você deveria trabalhar por dia? Você tem um limite de tempo para trabalhar?”, “Vocês moram no CERN?” e “Quais as profissões que estão presentes no CERN?”. Tais questões apontam para um interesse desses jovens em compreenderem a dinâmica cotidiana do laboratório científico e como se configura o que é ser um profissional e que tipo de profissional trabalha nesses locais. Essas questões indicam para uma das finalidades de ACT que segundo Fourez [6] é a componente cultural da comunicação com os outros. Nesse sentido, reconhecer o mundo do outro reflete a tentativa dos alunos de promover diálogos e dar sentido aquilo que aprendem sobre ciência, o fazer científico ou o cientista.

No âmbito das questões sociais voltadas a uma ACT ampliada [7] se pode perceber a construção de preocupações que apontam para reflexões além do conhecimento científico ou tecnológico em si. Nesse sentido aparece a própria relação direta com a sociedade e o valor econômico de se fazer ciência: *Como é medido o gasto de energia do LHC e quanto se gasta em média por experiência?* e reflexões que evocam a dimensões políticas do que é fazer ciência de cooperação mundial: “Vocês acreditam que o CERN, estando em dois países é uma ferramenta que mantém a Europa unida?”. Essas perguntas apontam que o pensar sobre a ciência atual indica espaços de diálogo e aprendizado sobre a relação da tecnologia e da sociedade no contexto da produção

científica.

Em resumo, os resultados apresentados do evento *Masterclasses - Hands on* realizado no IFUSP apontam para um caminho complexo, mas promissor na elaboração de um evento que possa efetivamente promover elementos para uma formação pautada nas ideias da ACT. São os próprios estudantes que mostram os interesses e sentidos levando a um debate que suporte o conhecimento da física de partículas e suas relações tecnológicas e sociais.

A análise dos dados mostra que as finalidades da ACT ampliada podem ser alcançadas seja sob a perspectiva *humanista* situando os alunos no universo técnico-científico possibilitando desmistificar o mundo em que vivemos e permitindo sua participação na cultura contemporânea [17]. Como, por exemplo, quando os estudantes se interessam sobre o como se faz ciência seja no âmbito da atividade experimental, teórica, técnico ou social.

Em relação ao *objetivo social* da ACT [7] que propõem uma diminuição das desigualdades promovidas pela desinformação e afastando os cidadãos do debate democrático, tal dimensão pode ser percebida quando emerge da fala dos alunos a preocupação com o gasto energético e as discussões sobre as mudanças sociais provocadas pelo laboratório em seu entorno. Pensar que a ciência é produzida em um contexto social e que ela pode modificar a dinâmica do mundo que a cerca pode desmistificar a ideia da neutralidade científica e como promotora do bem-estar social [7].

6. Considerações finais

Procuramos defender nesse trabalho que o evento *Masterclasses - Hands on* pode ser um veículo de divulgação científica que possibilite o entendimento da ciência para além de uma visão reducionista da ACT [7]. Os possíveis problemas do evento, como seu reforço de uma visão tecnocrática, pautado somente nos *conhecimentos, fatos, informações, conceitos* [7] buscou ser superado na elaboração de espaços de negociação e diálogo que fossem capazes de promover reflexões para além da ode à ciência. Esta superação foi buscada através da reflexão entre os idealizadores das atividades e debates que poderiam ser implementados ao longo do evento. A fala dos pesquisados dão indícios de que tais inserções fizeram eco ao interesse dos estudantes promovendo discussões e interesses por temas pautados nas relações sociais. Contudo, cientes do objetivo mais amplo da ACT ampliada que coloca o papel participativo do cidadão como elemento fundamental nas escolhas e direcionamento do desenvolvimento da ciência, é necessário para isso, como cita Auler e Delizoicov, *a construção de uma compreensão mais consistente sobre a apropriação do conhecimento científico e tecnológico* [7]. E é nesse

⁸Nesse trabalho optou-se por trazer um conjunto de dados que pudesse complementar os resultados, portanto, não apresenta a totalidade de categorias das perguntas

estágio que se coloca o evento aqui apresentado, apontando seus potenciais espaços na abordagem de temas que superem os mitos relacionados à ciência.

A partir dessas reflexões se pode questionar se os limites de um evento em tempo tão curto possa ser capaz de modificar as concepções dos sujeitos e, em contrapartida, evoca outras possibilidades indicando meios e formas de agir e refletir sobre as questões científicas sem, no entanto, extrapolar todas as limitações envolvidas nesse processo. Como resultado desse debate se mostra necessário modificações na estrutura do evento de forma que se possa construir uma ponte entre cientistas e estudantes capaz de produzir um diálogo ainda mais profícuo entre esses sujeitos. Esse debate requer pensar em como os objetivos da ACT ampliada podem ser incorporados nas atividades do evento. Apontamos a seguir alguns elementos que parecem ser relevantes para tais mudanças:

1. Subsidiar os pressupostos da educação CTS como elementos norteadores das palestras;
2. Promover reflexões com os professores nos cursos preparatórios para a elaboração de intervenções pontuais em sala de aula da abordagem temática cujo enfoque seja nos problemas associados ao contexto social e que englobe a física de partículas;
3. Adicionar atividades que possibilitem a reflexão dos estudantes acerca dos avanços tecnológicos produzidos pelos aceleradores de partículas e sua relação com o debate acerca do bem estar social.

Baseados nas discussões aqui apresentadas e nos elementos que emergiram dos dados pesquisados, se percebe que é possível produzir uma atividade de divulgação científica que oportunize elementos para a formação científica ampla dos estudantes. De tal maneira que esses jovens possam reconhecer a relevância da ciência na sociedade e a necessidade de um aprofundamento sobre seus conhecimentos científicos e técnicos, promovendo um pensamento menos ingênuo e limitado acerca do fazer e o saber sobre ciência. Assim, a ACT ampliada parece ser um importante aliado nessas ações

que reflete a necessária participação dos cientistas na construção de atividades de divulgação científica.

Referências

- [1] J. Lévy-Leblond, *La Science en Mal de Culture* (Futuribles, Paris, 2004).
- [2] John K. Gilbert, *Revista Alexandria* **1**, 1 (2008).
- [3] Márcia R. Pechula, *Ciência & Educação* **13**, 2 (2007).
- [4] Luiz D. Castiel, *História, Ciências, Saúde-Manguinhos* **5**, 2 (1998).
- [5] I.M.A. Souza e A.M.L.A. Caitité, *História, Ciência, Saúde-Manguinhos* **17**, 2 (2010).
- [6] G. Fourez, *Alfabetización Científica y Tecnológica: Acerca de las Finalidades de la Enseñanza de las Ciencias* (Colihue, Argentina, 2010).
- [7] D. Auler e D. Delizoicov, *Revista Ensaio* **3**, 1 (2001).
- [8] R. Strieder, *Abordagem CTS e Ensino Médio: Espaços de Articulação*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2008.
- [9] T. Hey, S. Tansley e K. Tolle, *O Quarto Paradigma* (Oficina de Textos, São Paulo, 2011).
- [10] G. Watanabe, *Construindo Subsídios para a Promoção da Educação Científica em Visitas a Laboratórios de Pesquisa*. Dissertação de Mestrado, Universidade de São Paulo, 2012.
- [11] K.E. Johansson, M. Kobel, D. Hillebrandt, K. Engeln and M. Euler, *Physics Education* **42**, 6 (2007).
- [12] D. Silvermann, *Interpretação de Dados Qualitativos: Métodos para Análise de Entrevistas* (Artmed, Porto Alegre, 2006).
- [13] P. Loizos, *Pesquisa Qualitativa com Texto, Imagem e Som* (Vozes, Petrópolis, 2005).
- [14] J. Parfitt, *Methods in Humam Geography* (Pearson Education, Inglaterra, 2005).
- [15] A.N.S. Triviños, *Introdução à Pesquisa em Ciências Sociais* (Atlas, São Paulo, 1987).
- [16] L. Bardin, *Análise de Conteúdo* (Edições 70, Portugal, 2009).
- [17] G. Fourez, *Investigações em Ensino de Ciências* **8**, 2 (2003).